

УДК 66.074.38:661.97:502.17

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ, МЕТОДЫ УЛАВЛИВАНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

П.С. Орлова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ),
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: tatnikor01@yandex.ru

Рассмотрены основные источники углекислого газа, используемые методы его улавливания и транспортировки, а также возможные способы использования и хранения.

Ключевые слова: углекислый газ, CCUS, улавливание, хранение.

CARBON DIOXIDE SOURCES, CAPTURE METHODS, TRANSPORTATION, AND UTILIZATION

P. Orlova

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU),
St. Petersburg, Russian Federation
e-mail: tatnikor01@yandex.ru

The main sources of carbon dioxide, the methods of its capture and transportation, as well as possible ways of use and storage are considered.

Keywords: carbon dioxide, CCUS, capture, storage.

Введение. Выбросы углекислого газа являются одной из ключевых причин изменения климата. В связи с этим становятся актуальными технологии, направленные не только на сокращение выбросов, но и на активное удаление углекислого газа из атмосферы. Такой технологией является CCUS – Carbon Capture, Utilization and Storage, которая включает в себя комплексный подход, подразумевающий улавливание, транспортировку, использование и хранение CO₂. Схема технологии CCUS приведена на рисунке 1.

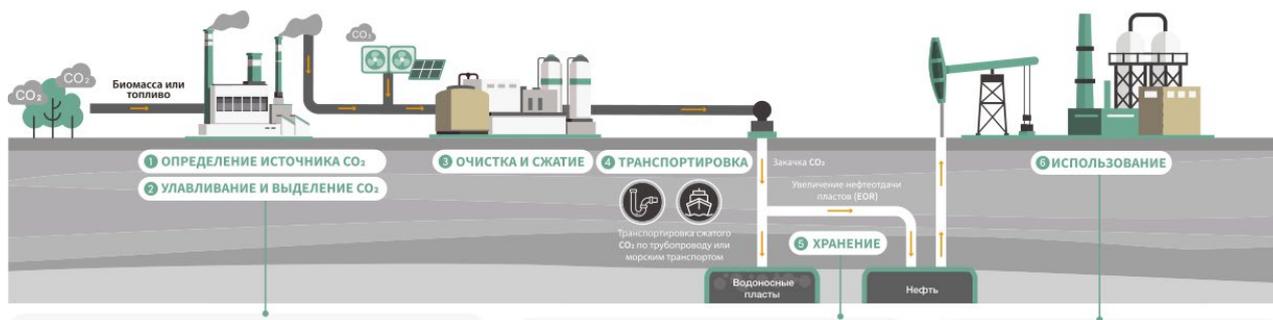


Рисунок 1. – Схема Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)

Основными источниками выбросов углекислого газа являются:

- Энергетика – сжигание различного вида топлива, таких как: уголь, газ, нефть, отходы и другие.
- Промышленные предприятия – сталелитейные и цементные производства, нефтеперерабатывающие и химические заводы.
- Транспорт – выбросы от автомобильного, авиационного, железнодорожного и морского видов транспорта, использующих двигатели внутреннего сгорания.

Основные методы улавливания углерода

1. Точечное удаление от источников

Удаление до сжигания: удаление CO_2 из газа, полученного в процессе газификации твердого вида топлива, а также улавливание углекислого газа, являющегося побочным продуктом технологических процессов промышленных предприятий.

После сжигания: CO_2 отделяют от других компонентов продуктов сгорания. К данному виду относятся выработка энергии, улавливание от промышленных предприятий и биоэнергетика с использованием технологии улавливания. Данный метод подразумевает цикл, начинающийся от улавливания двуокси углерода растениями, то есть биомассой, а затем извлечение его из продуктов сгорания этой биомассы. Биоэнергетический цикл с использованием технологии улавливания углекислого газа представлен на рисунке 2.

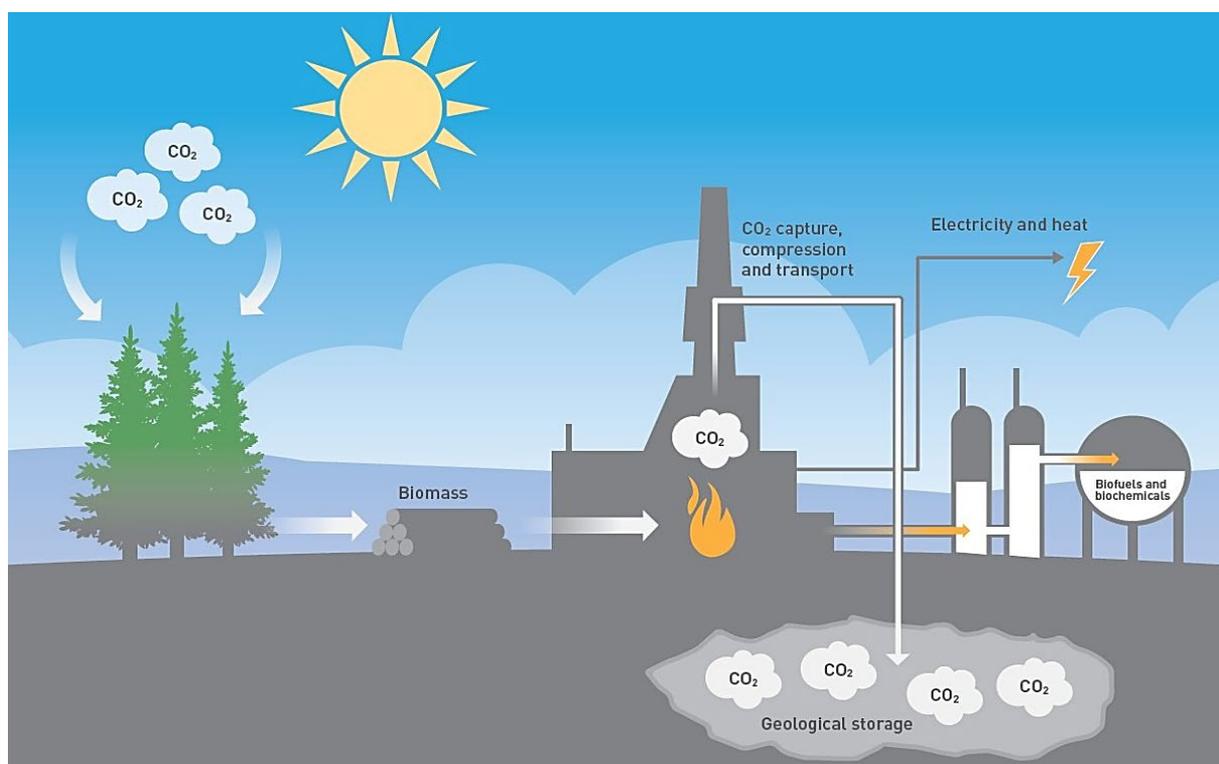


Рисунок 2. – Биоэнергетика с использованием технологии улавливания

2. Прямое улавливание из воздуха

Данный метод требует значительных энергозатрат, так как углекислый газ в атмосфере находится в низких концентрациях. Но несмотря на энергоемкость, позволяет улавливать CO_2 от рассредоточенных выбросов, например, от различного вида транспорта, и уже накопленный углекислый газ в атмосфере.

После улавливания углекислый газ необходимо транспортировать к месту хранения или использования. Транспортировка может осуществляться следующими способами:

- Трубопроводы. Данный способ подходит для транспортировки газа на средние и дальние расстояния, газ в данном способе перекачивают в сжиженном состоянии.
- Автомобильный и железнодорожный транспорт. Перевозка небольших объемов в баллонах или цистернах.
- Морской транспорт. Транспортировка газа в сжиженном виде танкерами на очень большие расстояния.

Хранение и использование CO₂

После улавливания и транспортировки углекислый газ или хранят в пластах земли или же используют в различных процессах производства.

1. Хранение в водоносных пластах

Секвестрация углекислого газа, а именно хранение, в слоях, содержащих соленую воду, которое в долгосрочной перспективе способствует развитию горных пород. Недостатком данного способа является возможность проникновения CO₂ или рассола в почву и питьевую воду.

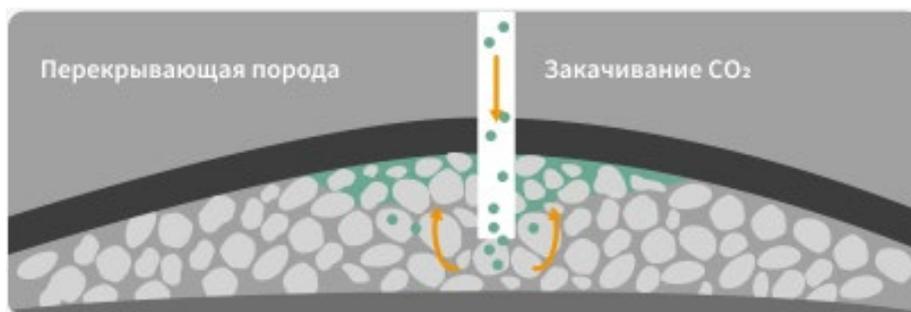


Рисунок 3. – Схема хранения углекислого газа в водоносных пластах

2. Закачка в нефтяные скважины для увеличения нефтеотдачи

Закачка углекислого газа в нефтяные скважины, позволяет увеличить их нефтеотдачу, а также обеспечить долгосрочное хранение CO₂. Углекислый газ, закачанный в скважины под давлением, действует как хороший растворитель, способствующий высвобождению нефти и газа из пластов породы в устье скважины. Таким образом добыча нефти и газа может стать углеродно-нейтральной. Технология закачки углекислого газа в нефтяную скважину и увеличение ее нефтеотдачи представлены на рисунке 4.

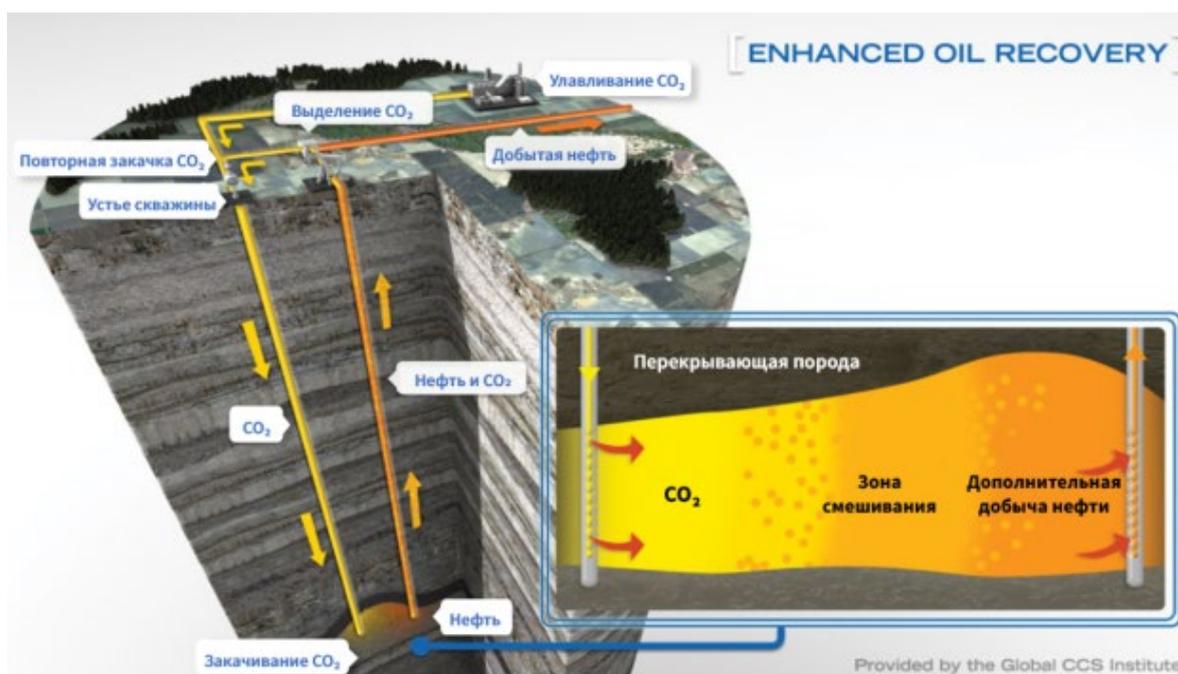


Рисунок 4. – Технология закачки углекислого газа в нефтяную скважину и увеличение ее нефтеотдачи

Использование в различных отраслях промышленности

Использование углерода в промышленности подразумевает создание продукции. Различают три сферы использования углекислого газа:

- Минерализация, к которой относятся производство карбонатов и строительных материалов, таких, как бетон
- Биологическое использование, а именно использование углекислого газа для стимулирования роста растений
- Химическое использование, в свою очередь включающее в себя производство пластмасс, пожарных огнетушителей, удобрений, метанола и этанола, использование CO_2 в пищевой промышленности и в качестве хладагента.

Не все варианты использования являются постоянным способом хранения, большинство и приведенных итоговых продуктов после использования способствуют выбросу CO_2 в атмосферу, поэтому для достижения углеродной нейтральности необходимо использовать метод улавливания напрямую из воздуха.

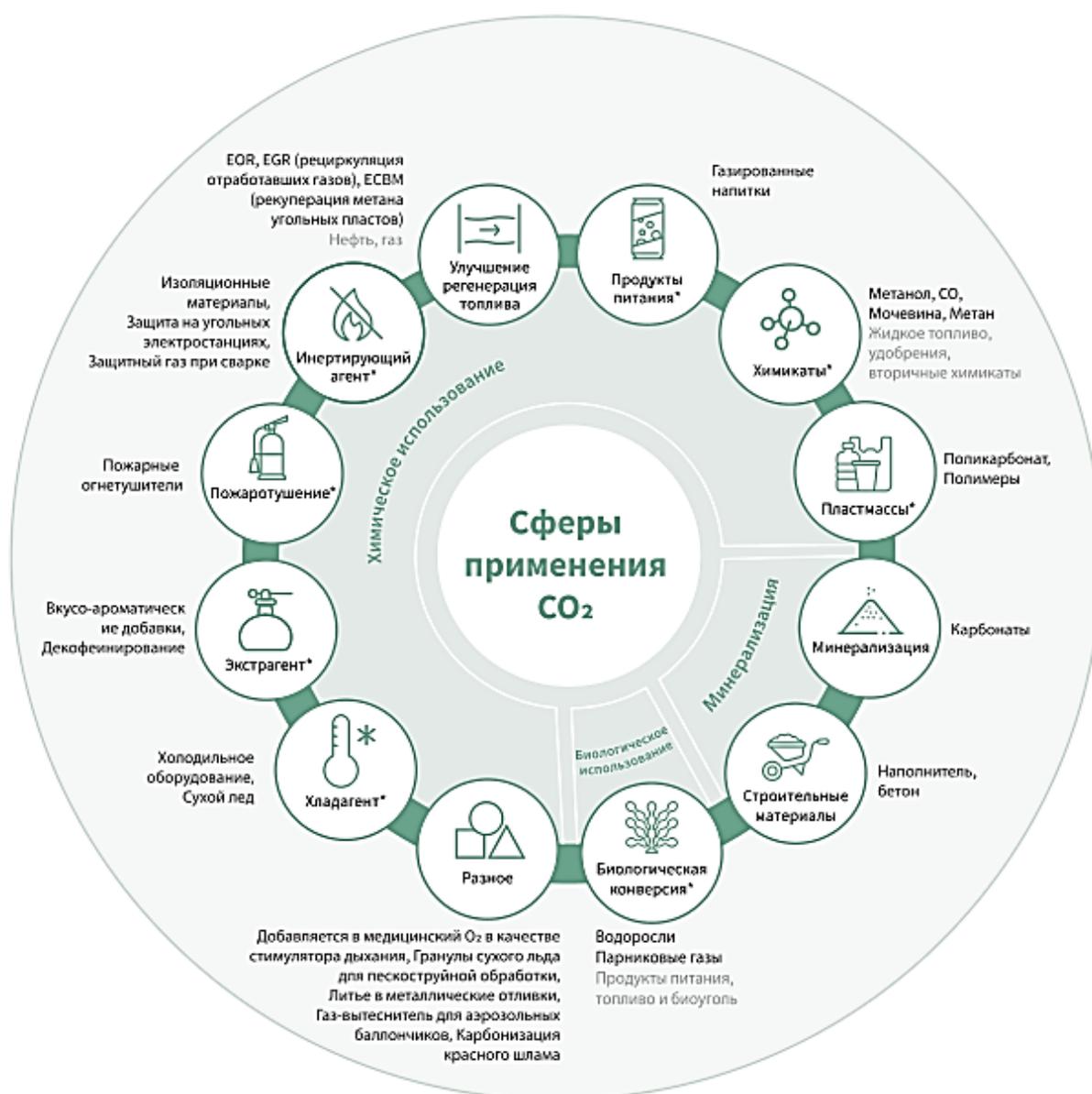


Рисунок 5. – Сферы применения CO_2

Заключение. Технология CCUS является важным пунктом в борьбе с изменениями климата. Ключевым преимуществом является возможность улавливать и использовать выбросы углекислого газа от производств и объектов энергетики, на которых снизить количество выбросов не представляется возможным. На данный момент внедрение технологии сопровождается значительными затратами и недостаточно развитой инфраструктурой, но в перспективе сможет положительно влиять на динамику выбросов CO₂ в атмосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янушанец С.Н., Ветрова М.А. CCUS-технологии: мировой опыт и перспективы для Российской Федерации // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17. – № 6. – С. 2205–2222.
2. Малышев В.П., Виноградов О.В., Родионов И.А. Методический подход к определению перспектив использования технологий улавливания и переработки углекислого газа для защиты окружающей среды и населения // Проблемы анализа риска. – 2022. – Т. 19. – № 6. – С. 50–65.
3. Ибрагимов И.М., Приходько С.В. Повышение эффективности систем для улавливания углекислого газа, образующегося при сжигании топлива // «Естественные и технические науки». – 2013. – № 2. – С. 93–96.
4. Nan Wang, Keigo Akimoto, Nemet G.F. «What went wrong? Learning from three decades of carbon capture, utilization and sequestration (CCUS) pilot and demonstration projects»// Energy Policy – 2021. – vol. 158. – no. 112546.
5. Рябов Г.А. О снижении выбросов CO₂ при производстве электроэнергии и тепла из угля // Стратегия устойчивого развития электроэнергетики, низкоуглеродные способы генерации, экология, тарифное регулирование / Сборник под ред. Н.Д. Рогалева — М.: Издательство МЭИ, 2022. — С. 156–180.
6. Филиппов С.П. Экономические характеристики технологий улавливания и захоронения диоксида углерода (обзор) // «Теплоэнергетика» – 2022. – № 10. – С. 17–31.
7. M. Bui, C. Adjiman, A. Bardow, P. Webley. Carbon capture and storage (CCS): the way forward // Energy & Environmental Science. – 2018. – Vol. 11. – P. 1062–1176.
8. Осипов А.В., Мустаев Р.Н., Монакова А.С., Бондарева Л.И., Данцова К.И. Механизмы и варианты утилизации и захоронения углекислого газа в недрах // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка – 2022. – № 4. – С. 40–53.